

## Minério de ferro

Pedro Sergio Landim de Carvalho, Marcelo Machado da Silva  
Marco Aurélio Ramalho Rocio e Jacques Moszkowicz

<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>

## Minério de ferro

Pedro Sergio Landim de Carvalho  
Marcelo Machado da Silva  
Marco Aurélio Ramalho Rocio  
Jacques Moszkowicz\*

### Resumo

Este artigo tem o objetivo de traçar um panorama atual da mineração de ferro no Brasil e no mundo. Preliminarmente, são apresentados um resumo da geologia do minério de ferro, os principais depósitos ferríferos no Brasil e na Austrália e os produtos obtidos. Em seguida, discorre-se sobre os recursos minerais, oferta e demanda de minério e a perspectiva do mercado até o ano de 2021. Com base em uma decomposição de custos, faz-se uma análise de competitividade da mineração de ferro e conclui-se que o Brasil se mostra bastante competitivo em relação aos custos de produção. Por fim, apresenta-se um resumo das entrevistas com executivos das principais empresas mineradoras de ferro que operam no Brasil, versando sobre as tendências e desafios da indústria de mineração para os próximos anos.

---

\* Respectivamente gerente, economista e geólogo do Departamento de Insumos Básicos da Área de Insumos Básicos do BNDES; e gerente sênior de estratégia da Accenture.

## Geologia do minério de ferro

Industrialmente, a única forma pela qual se obtém o ferro (Fe) é a partir de substâncias minerais. O metal é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre, de cuja composição participa com 4,5% em massa, superado apenas pelo oxigênio, o silício e o alumínio. Embora faça parte da composição de vários minerais, apenas alguns destes podem ser economicamente explorados para a obtenção do ferro, quer pela quantidade desse elemento nesses minerais, quer pela concentração ou distribuição desses minerais nas rochas que constituem os corpos de minério.

Os minérios de ferro economicamente explorados podem ser classificados de acordo com a composição química do mineral fornecedor do elemento metálico. A saber, classificam-se em: óxidos, carbonatos, sulfetos e silicatos. Apenas a exploração dos óxidos tem expressão econômica para a obtenção do ferro. Os principais minerais portadores e seus respectivos teores de ferro são mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1 | Fórmula química e conteúdo teórico de ferro (em %) dos principais minerais portadores de ferro**

Mineral	Fórmula química	Conteúdo teórico de ferro
Magnetita	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	72,4
Hematita	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	69,9
Goethita	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	62,9
Limonita	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	59,8
Ilmenita	$\text{FeTiO}_3$	36,8
Siderita	$\text{FeCO}_3$	48,2
Pirita	$\text{FeS}_2$	46,5
Pirrotita	$\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$	61,0

Fonte: Adaptado de <[www.rc.unesp.br/museudpm/banco/grm.html](http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/grm.html)>. Acesso em: abr. 2013.

Geologicamente, os depósitos de minério de ferro podem ser agrupados em cinco categorias principais: (i) os sedimentares acamadados; (ii) os formados por soluções hidrotermais; (iii) os relacionados a atividades vulcânicas; (iv) os relacionados a processos de metamorfismo e/ou deformação; e (v) os resultantes de alteração e acúmulo na superfície terrestre. Dessas categorias, os depósitos sedimentares acamadados são os mais importantes,

por constituírem os grandes depósitos das **formações ferríferas bandadas** (FFB). As FFB são formadas por rochas finamente bandadas ou laminadas e constituem-se, principalmente, de minerais de sílica e de ferro (hematita, magnetita e algumas variedades de carbonatos e silicatos) originados provavelmente por precipitação química. Em seguida, essas rochas foram modificadas por diagênese<sup>1</sup> e metamorfismo,<sup>2</sup> que as tornaram ainda mais ricas em ferro. As FFB compreendem maiores reservas de ferro do mundo, com teores médios do metal entre 20% e 55%.

Do ponto de vista metalúrgico, o minério de ferro é dividido em três categorias, de acordo com a granulometria: granulado (*lump ore*), finos para sinter (*sinter feed*) e finos para pelotas (*pellet feed*). O minério granulado compreende a faixa de granulometria entre 200 mm e 12,5 mm; os finos para sinter, entre 12,5 mm e 0,15 mm; e os finos para pelotas, inferior a 0,15 mm.

### No Brasil

No Brasil, as principais regiões produtoras de minério de ferro – o Quadrilátero Ferrífero, a Província Mineral de Carajás e a região de Corumbá – contêm depósitos em rochas constituintes de FFB, chamadas no país de **itabirito**.

As denominações dos minérios de ferro explorados para fins comerciais são as seguintes: itabirito, hematita e canga (cobertura de laterita<sup>3</sup>). Os diferentes minérios de ferro explorados comercialmente no Brasil têm teores elevados de ferro e quantidades pequenas de elementos indesejados nos processos siderúrgicos, como o enxofre, o alumínio, o fósforo e os carbonatos.

O minério de ferro explorado no Quadrilátero Ferrífero pode ser dividido em dois grupos principais: o minério itabirítico e o minério hematítico (de alto teor). Esses minérios são classificados de acordo com o conteúdo mineral e a textura. O minério itabirítico é definido pela alternância entre bandas constituídas de óxidos de ferro e bandas constituídas de sílica, de espessuras que variam de milimétricas a centimétricas, e com teores de ferro variando entre 20% e 55% de Fe total. Do ponto de vista textural, esse

<sup>1</sup> Nome dado ao conjunto das transformações por que passaram as camadas geológicas depois de seu depósito.

<sup>2</sup> Transformação na constituição de uma rocha que resulta da ação da pressão, da temperatura, de gases e de vapor d'água. Produz novas texturas na rocha, sem que ela passe por processo de fusão.

<sup>3</sup> Produto residual da alteração que, nos climas úmidos e tropicais, realiza-se em qualquer tipo de rocha pelo processo de laterização e cujos principais elementos são o hidróxido de alumínio e o de ferro.

tipo de minério pode ser compacto, friável ou pulverulento, dependendo da intensidade de atuação dos processos superficiais de decomposição. O minério itabirítico compacto contém elevados teores de ferro, laminado e ligeiramente alterado por intemperismo. É muito utilizado nas usinas siderúrgicas a carvão vegetal.

Os corpos de minério hematítico são mais homogêneos, constituídos basicamente de hematita – portanto, ricos em ferro (teores superiores a 64%) – e encontrados em proporções variáveis na forma de lentes imersas das camadas de itabirito. Pode ser encontrado com as seguintes características físicas e texturais: (i) minério compacto, apresenta-se maciço; (ii) minério pulverulento, apresenta-se foliado, lineado ou granular; e (iii) minério composto por hematita de granulometria fina e sem estrutura interna (também chamado *blue dust*). Por seu elevado teor de ferro, o minério hematítico é o mais apropriado ao uso em aciarias.

Além dos tipos descritos, encontram-se no Quadrilátero Ferrífero outros tipos de minério, produtos dos processos intempéricos. Apesar de serem explorados comercialmente em alguns locais, sua ocorrência é restrita e é menor o valor econômico. São eles:

- Canga: é um minério secundário, constituído de brecha de hematita cimentada por limonita, originado por processo de lixiviação e intemperismo<sup>4</sup> passado pelos corpos de minério. Apesar de seu teor de ferro mais baixo e teor de fósforo elevado, tem sido utilizado pelas usinas a carvão vegetal em razão de sua porosidade, que torna sua redução mais fácil.
- Minério de rolamento: é um minério fragmentário, acumulado nos taludes das elevações das formações ferríferas, composto por cascalhos de itabirito enriquecido em ferro pela perda parcial de silício e hidratado. Esse tipo de minério é de reduzida importância econômica.

As formações ferríferas na Província Mineral de Carajás são compostas de diferentes tipos de minério de ferro, cuja nomenclatura está associada ao uso industrial e às propriedades físicas do minério. Os tipos principais são: (i) hematita; (ii) itabiritos ou jaspilitos;<sup>5</sup> e (iii) canga – material superficial

<sup>4</sup> Conjunto de processos atribuídos à ação de agentes atmosféricos e biológicos que ocasionam a destruição física e a decomposição química dos minerais das rochas.

<sup>5</sup> Jaspiloto é uma variedade de itabirito.

(com teor significativo de ferro e fósforo). Na divisão em tipos, contempla-se ainda uma classificação granulométrica, que subdivide as hematitas em duras, moles e pulverulentas. Assim, por exemplo, o minério recebe a denominação de hematita dura, hematita mole e hematita pulverulenta. A mesma classificação é utilizada para os itabiritos. O Quadro 1 sintetiza os tipos de minério encontrados na Província Mineral de Carajás.

**Quadro 1 | Tipos de minério de ferro encontrados na Província Mineral de Carajás**

Canga química	Material superficial, produto de intemperismo, com cimento de goethita. Tem teor de ferro baixo e o de fósforo e de alumina altos.
Canga de minério	Recobre o minério de ferro e é formada por blocos de hematita cimentados por óxidos hidratados de ferro. Tem teor de ferro mais alto que a canga química e menor teor de alumina.
Jaspilito	Bandamento definido por jaspe e opacos, com teor de ferro entre 20% e 40% e de sílica entre 38% e 60%.
Hematita mole	Minério friável a pulverulento com teor de ferro de cerca de 66%.
Hematita mole laterítica	Minério friável a pulverulento, com laterita.
Hematita mole silicosa	Minério friável a pulverulento, com sílica.
Hematita mole manganesífera	Minério friável a pulverulento com teor de ferro > 60% e de manganês > 1%.
Hematita mole aluminosa	Minério friável a pulverulento com teor de ferro > 60% e de alumínio > 1%.
Hematita dura	Minério compacto com teor de ferro entre 65% e 69%.
Minério de baixo teor	Minério com contaminantes (silício, fósforo, alumínio e manganês) e teor de ferro entre 50% e 60%.

Fonte: Adaptado de Lobato *et al.* (2005).

Tal como ocorre no Quadrilátero Ferrífero e na Província Mineral de Carajás, todas as demais jazidas de ferro no Brasil estão associadas às formações ferríferas bandadas (itabiritos).

### Austrália e outros países

As maiores reservas de minério de ferro na Austrália, fontes da maioria de suas exportações, encontram-se na porção ocidental do continente, especialmente na região de Pilbara, no noroeste do estado da Austrália Ocidental (Western Australia). Os abundantes recursos de minério granulado

nessa região garantem que ela continuará sendo, em longo prazo, a maior fonte de oferta do país. Entretanto, a produção está projetada para crescer tanto em outras regiões da Austrália Ocidental (Western Australia) quanto no estado da Austrália Meridional (Southern Australia). Os minérios do Sul apresentam teores médios de ferro inferiores aos do Oeste e requerem beneficiamento para se tornarem comercializáveis, o que eleva os custos de capital e operacional para sua produção.

A Tabela 2 mostra os países com as maiores reservas de minério de ferro, de acordo com suas quantidades e teores de ferro.

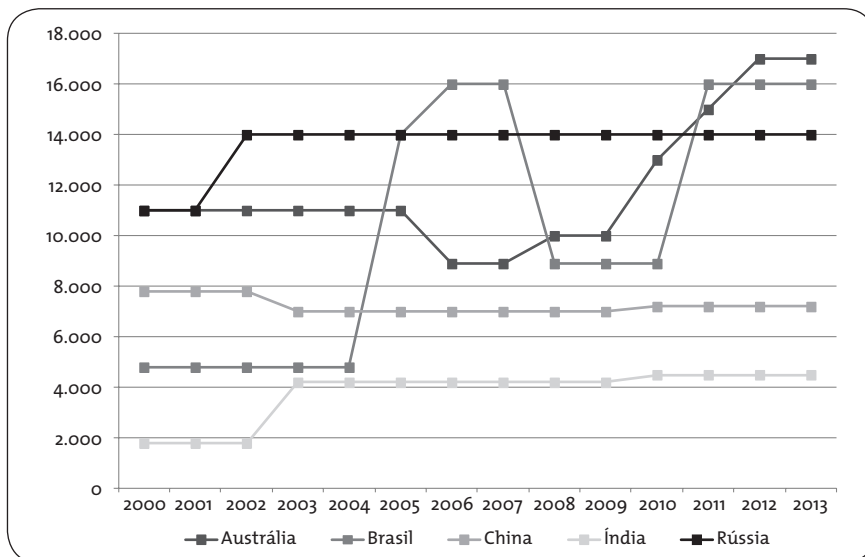
Tabela 2 | Países com as maiores reservas de minério de ferro (em milhões de toneladas) e os respectivos teores médios de ferro (em %)

País	Reservas (milhões de toneladas)	Fe (%)
Austrália	17.000	48,6
Brasil	16.000	55,2
Rússia	14.000	56,0
China	7.200	31,3
Índia	4.500	64,3
Venezuela	2.400	60,0
Canadá	2.300	36,5
Ucrânia	2.300	35,4
Suécia	2.200	62,9
Estados Unidos da América	2.100	30,4
Irã	1.400	56,0
Cazaquistão	900	36,0
Mauritânia	700	63,6
África do Sul	650	65,0
México	400	57,1
<b>Total mundo</b>	<b>80.050</b>	<b>48,2</b>

Fonte: USGS (2013).

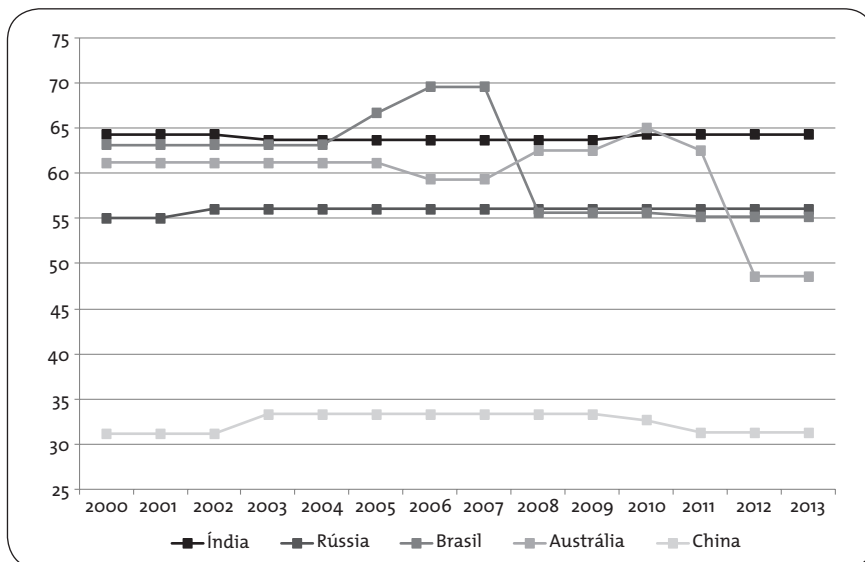
O Gráfico 1 mostra a evolução das reservas de minério de ferro, entre 2000 e 2013, dos cinco países com as maiores reservas; o Gráfico 2, a evolução dos respectivos teores médios de ferro no mesmo período. Destaca-se o aumento das reservas da Austrália e do Brasil simultaneamente à redução dos teores de ferro ao longo do período em foco.

**Gráfico 1 | Evolução das reservas de minério de ferro (em milhões de toneladas) dos cinco países com as maiores reservas, entre 2000 e 2013**



Fonte: USGS (2013).

**Gráfico 2 | Evolução dos teores médios de ferro (em %) dos cinco países com as maiores reservas, entre 2000 e 2013**



Fonte: USGS (2013).



## O mercado de minério de ferro

O mercado de minério de ferro recebeu uma forte influência do acelerado crescimento mundial puxado pela China na última década, passando a ser um produto altamente lucrativo e despertando o interesse de diversos novos entrantes na produção. No entanto, as dificuldades naturais no desenvolvimento de novas minas, associadas às dificuldades legais hoje existentes, atrasaram a entrada em operação destas, o que só vai ocorrer nos próximos anos, em um cenário de grande incerteza quando comparado ao de quando esses projetos foram idealizados.

Nesta seção analisam-se o mercado atual e a expectativa existente para o futuro próximo, para embasar a análise de viabilidade dos projetos anunciados. No início, é realizada uma análise da demanda desse mercado, totalmente dependente da produção de aço, e os tipos de produtos utilizados. Depois disso, é estudada a oferta, mostrando sua distribuição regional, por produto e empresa.

Na parte final é feita uma avaliação do comportamento do preço do minério de ferro e de como este deve se comportar nos próximos anos, considerando a adição de capacidade que os novos projetos podem trazer ao mercado.

### Demanda

O mercado de minério de ferro é altamente dependente da produção de aço, que representa mais de 90% da demanda. A Tabela 3 expõe, na última linha, a relação entre a produção de aço, excluindo o produzido em fornos elétricos que usam ferro reciclado como principal componente da carga, e a produção de ferro fundido ou esponja no mundo.

Tabela 3 | Produção de ferro reduzido e aço bruto em regiões selecionadas (em milhões de toneladas), entre 2010 e 2017<sup>e</sup>

País/região	Tipo	2010	2011	2012	2013	2014 <sup>e</sup>	2015 <sup>e</sup>	2016 <sup>e</sup>	2017 <sup>e</sup>	Crescimento (%)
China		596,20	635,08	658,51	689,77	723,88	751,10	774,41	796,66	33,6
	Gusa	595,60	634,48	657,91	689,13	723,17	750,35	773,63	795,81	33,6
	Esponja	0,60	0,60	0,61	0,64	0,71	0,74	0,79	0,85	41,0
CEI		82,71	85,37	87,16	90,29	95,54	101,42	104,06	105,79	27,9
	Gusa	77,92	80,17	81,84	84,92	89,79	94,48	96,51	97,95	25,7
	Esponja	4,79	5,20	5,32	5,38	5,75	6,93	7,55	7,83	63,6

*Continua*

Continuação

País/região	Tipo	2010	2011	2012	2013	2014 <sup>e</sup>	2015 <sup>e</sup>	2016 <sup>e</sup>	2017 <sup>e</sup>	Crescimento (%)
<b>Europa-27</b>		97,55	96,63	92,86	90,47	95,18	98,31	100,42	102,53	5,1
	<b>Gusa</b>	97,10	96,25	92,46	90,06	94,72	97,82	99,93	102,03	5,1
	<b>Esponja</b>	0,45	0,38	0,40	0,41	0,46	0,49	0,50	0,50	10,9
<b>Índia</b>		62,98	63,63	61,00	68,61	78,40	85,98	90,74	96,23	52,8
	<b>Gusa</b>	39,56	41,66	42,26	45,78	52,08	55,58	58,46	63,32	60,1
	<b>Esponja</b>	23,42	21,97	18,74	22,83	26,32	30,40	32,28	32,91	40,5
<b>Japão</b>		82,28	81,03	81,41	79,58	80,19	83,10	85,92	87,55	6,4
	<b>Gusa</b>	82,28	81,03	81,41	79,58	80,19	83,10	85,92	87,55	6,4
	<b>Esponja</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<b>Coreia do Sul</b>		35,06	42,21	41,72	46,11	48,13	49,91	50,44	50,89	45,1
	<b>Gusa</b>	35,06	42,21	41,72	46,11	48,13	49,91	50,44	50,89	45,1
	<b>Esponja</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<b>Brasil</b>		30,97	33,33	27,05	35,41	37,03	38,62	40,08	40,98	32,3
	<b>Gusa</b>	30,96	33,32	27,05	35,41	37,02	38,62	40,07	40,97	32,4
	<b>Esponja</b>	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	(67,5)
<b>Estados Unidos da América</b>		27,08	30,47	32,35	32,87	35,38	37,14	38,45	39,36	45,3
	<b>Gusa</b>	26,84	30,23	32,11	32,02	33,63	34,77	35,71	36,39	35,6
	<b>Esponja</b>	0,24	0,24	0,24	0,85	1,76	2,37	2,74	2,97	1.137,1
<b>(a) Mundo</b>		1.107,34	1.166,16	1.180,32	1.239,88	1.307,60	1.366,07	1.410,41	1.450,97	31,0
	<b>Gusa</b>	1.036,12	1.092,01	1.107,11	1.157,09	1.215,75	1.265,28	1.303,83	1.340,12	29,3
	<b>Esponja</b>	71,22	74,15	73,22	82,79	91,85	100,79	106,58	110,85	55,6
<b>(b) Aço – mundo</b>		1.404,60	1.490,76	1.511,44	1.563,70	1.645,16	1.714,29	1.773,60	1.826,89	30,1
<b>(c)</b>	<b>BOF</b>	996,50	1.052,01	1.066,73	1.108,74	1.170,10	1.220,20	1.259,50	1.298,34	30,3
	<b>EAF</b>	390,36	418,79	425,64	439,96	460,20	479,61	500,26	515,11	32,0
	<b>Outros</b>	17,74	19,95	19,07	15,01	14,87	14,49	13,85	13,44	(24,2)
<b>(b-c) / (a)</b>		<b>91,6%</b>	<b>91,9%</b>	<b>92,0%</b>	<b>90,6%</b>	<b>90,6%</b>	<b>90,4%</b>	<b>90,3%</b>	<b>90,4%</b>	

Fonte: CRU (2013).

Nota: *Electric arc furnace* (EAF, sigla em inglês para forno de arco elétrico); *basic oxygen furnace* (BOF, sigla em inglês para conversor a oxigênio).

Nota-se que a relação é estável no período e que não tende a mudar significativamente nos próximos anos, havendo apenas uma leve diminuição em razão do esperado crescimento da utilização de fornos elétricos para produção de aço. Destaca-se, também, que a participação do ferro esponja na produção total de ferro, que não utiliza o carvão como redutor, é expressiva apenas na Índia, mas tende a aumentar sua participação nos anos vindouros na produção mundial, embora esta ainda seja pequena. Isso se explica pela

maior utilização do gás redutor, em especial nos Estados Unidos da América, com o desenvolvimento da tecnologia de extração do gás de folhelho, e pelo aumento da produção de aço no Oriente Médio.

O consumo aparente de produtos de aço, que chegou a crescer a taxas superiores a 10% antes da crise de 2008, caiu significativamente em 2008 e 2009, e a projeção é que aumente à taxa média de apenas 4,2% no período de 2013 a 2017. Já a capacidade mundial de produção de aço bruto cresceu a uma taxa média de 5% a.a. entre 2000 e 2012, impulsionada por um forte otimismo em relação ao crescimento da demanda, o que criou um significativo excedente de capacidade no mundo. Em 2012, a taxa de utilização da capacidade mundial foi de 80,5%, proporção essa amenizada pela elevada taxa de ocupação que persiste na China (93,2%, enquanto no resto do mundo é de apenas 72,1%).

A baixa expectativa em relação ao desempenho do mercado siderúrgico nos próximos anos faz com que as perspectivas do mercado de minério de ferro não sejam mais tão otimistas quanto eram na década passada. A Tabela 4 mostra que a previsão de crescimento do consumo de minério de ferro para o período de 2012 a 2017 é de 21%, igual à previsão de crescimento da produção de aço excluindo o processo de forno de arco elétrico (EAF, na sigla em inglês), mostrada na Tabela 3.

**Tabela 4 | Consumo de minério de ferro em regiões selecionadas (em milhões de toneladas), entre 2007 e 2017<sup>e</sup>**

País/região	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 <sup>a</sup>	2015 <sup>a</sup>	2016 <sup>a</sup>	2017 <sup>a</sup>
China	Min. ferro	701,02	716,90	865,35	906,27	965,38	993,08	1.038,40	1.089,64	1.128,99	1.162,40	1.194,09
	Finos	518,43	516,85	624,61	654,81	691,41	703,39	737,22	773,63	802,71	827,61	851,34
	Pelotas	122,41	128,32	146,94	157,52	170,91	180,49	193,19	206,41	216,43	224,73	232,81
	Granulado	60,18	71,74	93,80	93,95	103,06	109,20	107,99	109,59	109,85	110,06	109,94
CEI	Min. ferro	143,01	133,39	115,88	122,84	122,94	121,97	135,81	144,03	152,23	155,84	157,96
	Finos	81,97	82,91	73,35	78,87	72,84	61,68	79,85	87,67	92,19	94,29	95,66
	Pelotas	59,41	49,11	41,23	42,93	49,03	59,22	54,93	55,30	58,96	60,46	61,19
	Granulado	1,64	1,37	1,30	1,03	1,08	1,07	1,03	1,06	1,08	1,09	1,11
Europa-27	Min. ferro	166,33	153,77	103,31	135,26	133,80	129,70	126,94	133,43	138,38	141,53	144,21
	Finos	92,08	85,69	60,11	74,45	75,17	73,47	70,19	73,74	76,41	78,77	80,60
	Pelotas	53,67	50,59	32,58	46,88	45,10	43,28	44,67	47,47	49,50	49,90	50,79
	Granulado	20,58	17,49	10,62	13,93	13,53	12,95	12,08	12,22	12,48	12,87	12,82
Índia	Min. ferro	83,78	87,87	90,97	94,77	95,43	90,74	101,69	116,79	128,21	135,21	143,70
	Finos	35,11	37,57	35,40	37,29	44,16	37,46	38,24	39,87	41,78	43,13	44,96
	Pelotas	11,08	12,68	15,94	17,71	21,38	20,49	27,25	36,96	44,11	49,87	55,60
	Granulado	37,59	37,62	39,63	39,77	29,89	32,80	36,20	39,96	42,32	42,20	43,13

*Continua*

## Continuação

País/região	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*	2015*	2016*	2017*
Japão	Min. ferro	132,40	131,41	101,03	125,38	123,25	123,60	120,51	121,48	126,13	134,15	136,38
	Finos	87,60	87,17	69,52	86,87	84,12	84,30	81,50	82,17	84,11	86,72	88,47
	Pelotas	8,33	8,05	5,95	8,00	8,43	11,40	11,94	12,03	12,46	12,89	13,13
	Granulado	36,47	36,19	25,56	30,51	30,70	27,90	27,07	27,28	29,56	34,54	34,78
Coreia do Sul	Min. ferro	43,68	46,04	40,51	51,99	62,57	61,75	68,05	71,02	73,66	74,44	74,98
	Finos	34,06	35,23	32,44	39,52	47,70	44,12	49,58	51,75	53,67	54,23	54,58
	Pelotas	1,30	2,16	0,35	2,68	3,56	6,44	6,11	6,38	6,62	6,69	6,77
	Granulado	8,32	8,64	7,71	9,80	11,31	11,18	12,36	12,90	13,38	13,52	13,64
Brasil	Min. ferro	52,55	51,43	36,51	44,83	48,25	39,22	51,33	53,61	55,89	57,82	59,13
	Finos	26,23	27,03	21,32	25,27	27,20	22,08	28,91	30,23	31,54	32,72	33,46
	Pelotas	7,17	6,57	4,80	8,67	9,35	6,76	8,91	9,33	9,82	10,02	10,25
	Granulado	19,14	17,83	10,39	10,89	11,70	10,38	13,51	14,05	14,53	15,08	15,42
América do Norte	Min. ferro	82,04	78,62	47,99	66,27	70,95	74,60	76,93	81,75	85,53	88,32	90,71
	Finos	4,16	3,68	1,52	2,26	3,15	3,20	3,47	3,66	3,80	4,48	4,59
	Pelotas	76,62	73,69	45,42	62,61	66,40	69,97	71,98	76,49	80,08	82,13	84,37
	Granulado	1,26	1,25	1,05	1,40	1,39	1,44	1,48	1,59	1,65	1,70	1,75
Mundo	Min. ferro	1.523,59	1.514,69	1.505,83	1.665,42	1.748,86	1.758,36	1.853,81	1.955,07	2.040,70	2.108,05	2.165,82
	Finos	920,92	916,02	953,21	1.038,92	1.087,90	1.069,72	1.131,77	1.187,98	1.234,53	1.272,19	1.305,46
	Pelotas	398,58	388,10	347,59	408,61	440,24	465,01	492,27	529,84	561,89	584,59	607,14
	Granulado	204,08	210,57	205,03	217,89	220,73	223,63	229,76	237,25	244,28	251,27	253,22

Fonte: CRU (2013).

A distribuição regional do consumo não vai se alterar significativamente, com a China representando em torno de 55% do consumo mundial, mantendo-se como a variável determinante da demanda mundial. Entre os principais demandantes mundiais, a Índia e o Brasil vão alcançar a maior taxa de crescimento do período, 5,8% e 5,1%, respectivamente, mas não vão alterar de forma significativa a demanda mundial por causa da baixa participação de ambos, que somada foi de 7,4% em 2012.

Em relação à distribuição de produtos, a Tabela 4 mostra, também, que os finos são o principal produto consumido pelo mercado, representando cerca de 61% do consumo mundial de minério de ferro em 2012. Embora esse predomínio tenda a se manter, existe também uma tendência do mercado de aumentar o consumo de pelotas em relação aos outros produtos, substituindo principalmente o consumo de minério granulado (*lump ore*), que deve diminuir nos próximos anos.

## Oferta

Como todo minério, a oferta de minério de ferro depende, sobretudo, de sua distribuição geológica – em seu caso, concentrada principalmente em Austrália, Brasil, Rússia, Índia e China, como visto na seção anterior. Estes são também os maiores produtores mundiais de minério de ferro, representando, em conjunto, 81% da produção mundial e 86,5% da produção de finos e de granulado em 2012, como mostra a Tabela 5.

**Tabela 5 | Produção anual total de minério de ferro e seus produtos em regiões selecionadas (em milhões de toneladas), entre 2007 e 2017<sup>e</sup>**

<b>País/região</b>	<b>Tipo</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014<sup>e</sup></b>	<b>2015<sup>e</sup></b>	<b>2016<sup>e</sup></b>	<b>2017<sup>e</sup></b>
<b>Austrália</b>	<b>Min. ferro</b>	<b>298,53</b>	<b>345,99</b>	<b>402,61</b>	<b>442,41</b>	<b>486,28</b>	<b>528,02</b>	<b>593,21</b>	<b>653,22</b>	<b>683,49</b>	<b>691,36</b>	<b>705,23</b>
	<b>Finos</b>	212,34	246,43	291,07	324,23	361,00	393,45	458,68	511,48	538,27	544,36	557,91
	<b>Pelotas</b>	3,62	3,56	3,99	4,95	3,36	3,28	3,18	3,15	3,15	3,14	3,15
	<b>Granulado</b>	82,57	96,00	107,54	113,23	121,92	131,29	131,36	138,59	142,07	143,87	144,17
<b>Brasil</b>	<b>Min. ferro</b>	<b>291,91</b>	<b>305,21</b>	<b>267,86</b>	<b>313,49</b>	<b>337,63</b>	<b>322,11</b>	<b>335,63</b>	<b>356,45</b>	<b>380,39</b>	<b>398,52</b>	<b>419,17</b>
	<b>Finos</b>	195,58	212,25	210,88	228,43	247,11	243,23	254,14	267,66	282,93	296,26	311,33
	<b>Pelotas</b>	57,23	56,56	35,06	60,78	65,38	57,89	56,74	62,70	69,52	73,22	77,60
	<b>Granulado</b>	39,10	36,41	21,91	24,28	25,13	21,00	24,75	26,10	27,94	29,04	30,24
<b>China</b>	<b>Min. ferro</b>	<b>340,22</b>	<b>293,23</b>	<b>275,69</b>	<b>319,99</b>	<b>318,60</b>	<b>291,61</b>	<b>288,40</b>	<b>286,80</b>	<b>282,98</b>	<b>281,01</b>	<b>278,10</b>
	<b>Finos</b>	239,03	179,94	148,96	179,43	176,15	136,20	127,48	115,12	103,37	94,70	85,45
	<b>Pelotas</b>	96,88	107,88	117,45	134,00	136,72	147,80	157,56	168,29	176,02	182,49	188,95
	<b>Granulado</b>	4,31	5,42	9,27	6,56	5,73	7,62	3,36	3,39	3,59	3,82	3,70
<b>CEI</b>	<b>Min. ferro</b>	<b>172,90</b>	<b>176,22</b>	<b>165,72</b>	<b>179,17</b>	<b>186,48</b>	<b>188,42</b>	<b>203,07</b>	<b>210,74</b>	<b>220,07</b>	<b>225,47</b>	<b>217,68</b>
	<b>Finos</b>	88,20	106,77	100,93	108,13	108,40	100,47	118,69	126,28	131,69	135,07	126,28
	<b>Pelotas</b>	83,30	68,18	63,72	69,88	76,92	86,78	83,30	83,38	87,30	89,31	90,30
	<b>Granulado</b>	1,40	1,28	1,07	1,16	1,16	1,17	1,08	1,08	1,08	1,09	1,10
<b>Índia</b>	<b>Min. ferro</b>	<b>171,87</b>	<b>186,81</b>	<b>202,99</b>	<b>196,60</b>	<b>172,22</b>	<b>123,94</b>	<b>122,04</b>	<b>133,89</b>	<b>144,81</b>	<b>151,40</b>	<b>157,84</b>
	<b>Finos</b>	109,71	122,46	135,31	127,41	111,00	69,57	62,54	61,07	62,98	63,82	65,65
	<b>Pelotas</b>	9,99	12,23	14,79	16,27	21,59	19,73	24,25	34,76	42,91	49,72	55,40
	<b>Granulado</b>	52,16	52,13	52,89	52,92	39,63	34,64	35,25	38,06	38,92	37,85	36,78
<b>América do Norte</b>	<b>Min. ferro</b>	<b>111,09</b>	<b>108,05</b>	<b>84,90</b>	<b>102,51</b>	<b>110,44</b>	<b>115,34</b>	<b>112,16</b>	<b>122,79</b>	<b>131,33</b>	<b>138,81</b>	<b>145,10</b>
	<b>Finos</b>	18,71	16,41	20,93	21,02	27,92	27,82	22,73	27,55	31,39	36,07	39,12
	<b>Pelotas</b>	91,78	90,97	63,41	80,70	81,73	86,35	88,02	93,74	98,40	101,16	104,37
	<b>Granulado</b>	0,61	0,67	0,56	0,78	0,79	1,17	1,41	1,51	1,55	1,58	1,61
<b>África</b>	<b>Min. ferro</b>	<b>55,16</b>	<b>53,84</b>	<b>65,39</b>	<b>70,31</b>	<b>75,83</b>	<b>79,73</b>	<b>95,83</b>	<b>101,46</b>	<b>107,63</b>	<b>113,66</b>	<b>122,02</b>
	<b>Finos</b>	31,35	30,63	35,45	37,85	40,69	43,66	61,87	69,82	76,22	84,27	91,24
	<b>Pelotas</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Granulado</b>	23,82	23,21	29,93	32,46	35,14	36,08	33,96	31,64	31,40	29,38	30,79

*Continua*

## Continuação

Pais/região	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 <sup>e</sup>	2015 <sup>e</sup>	2016 <sup>e</sup>	2017 <sup>e</sup>
Oriente Médio	Min. ferro	21,03	21,80	25,72	38,32	44,94	51,05	58,71	55,15	53,43	54,54	56,80
	Finos	7,19	7,47	10,14	17,90	19,08	20,51	21,69	15,04	12,19	12,26	12,32
	Pelotas	13,84	14,33	15,58	20,42	25,87	30,54	37,02	40,11	41,24	42,29	44,48
	Granulado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mundo	Min. ferro	1.539,08	1.564,21	1.555,48	1.740,35	1.819,29	1.786,00	1.903,93	2.020,09	2.110,22	2.166,87	2.221,64
	Finos	933,56	952,40	981,12	1.079,33	1.133,51	1.075,90	1.172,11	1.240,14	1.288,24	1.317,81	1.344,09
	Pelotas	395,75	390,48	346,22	424,61	448,68	470,23	492,45	530,95	565,84	592,46	618,64
	Granulado	209,77	221,33	228,14	236,40	237,10	239,87	239,37	249,00	256,14	256,60	258,91

Fonte: CRU (2013).

Granulado e finos são importantes por serem os principais produtos que saem da mina, com o síter e as pelotas sendo produzidos a partir destes em processos de aglomeração para uso pelas siderúrgicas. O Brasil tem uma participação apenas razoável (12%) na produção mundial de pelotas; e a Austrália, principal produtor mundial de minério de ferro, representa menos de 1% da produção mundial desse produto. Isso porque as principais variáveis que guiam a produção de pelotas são: a proximidade do consumidor, justificando a grande participação da China (31%) e dos Estados Unidos da América (18%) na produção; e o custo da energia, o que justifica o grande crescimento da produção nos últimos cinco anos no Oriente Médio (121%).

A importância da Austrália e do Brasil na oferta mundial de finos e granulado é significativa. Em 2012, esses dois países representaram 60% da produção mundial e sua participação deve aumentar para 65% até 2017, pois concentram a maioria dos projetos que entrarão em operação nos próximos anos. A Tabela 5 mostra, ainda, que a China, hoje o terceiro maior produtor mundial (11%), deve diminuir significativamente sua participação no mercado até 2017 (6%), em razão da exaustão de suas minas, que operam com teores muito abaixo dos internacionais. Assim, espera-se que em 2017 ela já tenha sido ultrapassada pela Comunidade dos Estados Independentes (CEI), pela África e pela Índia, tornando-se ainda mais dependente da importação de minério de ferro.

Vale destacar, também, a queda na produção de finos e de granulado na Índia e o crescimento na África. A Índia, em 2013, produziu pouco mais da metade do total registrado em 2009, ano de pico da produção de minério de ferro no país. Lá, os principais problemas da produção são as restrições que vêm sendo impostas à exportação do produto e as dificuldades de li-

cenciamento de novas minas. Já a África vem atraindo diversos dos novos investimentos do mercado, por possuir minas de alto teor ainda não exploradas. Isso permitiu que o continente apresentasse um crescimento de 40% na produção de finos entre 2007 e 2012 e uma perspectiva de aumentar em mais 109% até 2017.

Em relação à distribuição da oferta por empresa, destaca-se no mercado a grande concentração da produção em três empresas, Vale, Rio Tinto e BHP Billiton, que concentravam quase 50% da capacidade mundial de produção de minério de ferro em agosto de 2012, conforme se observa na Tabela 6. Essa concentração tende a se manter no longo prazo, considerando-se os projetos anunciados.

**Tabela 6 | Capacidade de produção anual das principais empresas mineradoras em 2012 e os respectivos incrementos até 2019<sup>e</sup> (em milhões de toneladas)**

Empresa	Base	2012	2013	2014 <sup>e</sup>	2015 <sup>e</sup>	2016 <sup>e</sup>	2017 <sup>e</sup>	2018 <sup>e</sup>	2019 <sup>e</sup>	Total 2019	Posição 2019
Vale	Brasil	446,0	65,5	40,0		90,0			50,0	691,5	1
Rio Tinto	Reino Unido	350,2	21,0	9,0		165,0				545,2	2
BHP Billiton	Austrália	271,9		60,0		20,0	100,0			451,9	3
ArcelorMittal	Reino Unido	77,8	2,0	20,0	40,0	20,0		2,2	18,0	180,0	5
Fortescue	Austrália	55,8	55,0		130,0		60,0			300,8	4
AnBen	China	51,2								51,2	13
Anglo American	África do Sul	50,3			26,5				50,0	126,8	6
Metalloinvest	Rússia	46,3		5,0						51,3	12
Evrazholding	Rússia	45,9								45,9	18
LKAB	Suécia	44,8			9,0					53,8	11
Metinvest Holding	Ucrânia	44,3	3,6							47,9	15
Cliffs Natural Resources	Estados Unidos da América	42,4		8,5	7,5				16,0	74,4	8
CVG	Venezuela	40,3								40,3	
Shougang Beijing	China	37,0	10,0							47,0	16
Minas não identificadas	Índia	36,8		11,0		2,0				49,8	14
NMDC	Índia	33,7	3,5		4,0					41,2	20

*Continua*

## Continuação

Empresa	Base	2012	2013	2014 <sup>e</sup>	2015 <sup>e</sup>	2016 <sup>e</sup>	2017 <sup>e</sup>	2018 <sup>e</sup>	2019 <sup>e</sup>	Total 2019	Posição 2019
Imidro	Irã	32,1	14,0							46,1	17
CSN	Brasil	28,9		29,0		26,2				84,1	7
US Steel	Estados Unidos da América	24,3								24,3	
Poltavsky	Ucrânia	24,1								24,1	
MMX	Brasil	7,0		30,0		10,0			8,0	55,0	10
Ferrous Resources	Brasil	-		15,0		20,0		9,0		44,0	19
Belzone/CIF	Guiné	-			50,0	6,0				56,0	9

Fonte: Adaptado de <www.steelonthenet.com/plant.html> – acesso em: 30 ago. 2012 – e de CRU (2013).

Uma quarta empresa pode vir a se juntar às três líderes, a Fortescue, caso leve adiante todos os seus projetos. Essa nova entrante tem sua produção concentrada na Austrália e, desde sua estreia no mercado, em 2008, atua de forma agressiva. Em 2012, foi a quinta maior empresa no mundo em capacidade produtiva e tem projetos para aumentar a capacidade em 245 milhões de toneladas até 2017, a maior expansão do mundo para os próximos cinco anos. Assim, a Fortescue chegaria a uma capacidade anual de, aproximadamente, trezentos milhões de toneladas, dois terços da capacidade da BHP e próximo a 10% da capacidade mundial esperada, podendo influenciar o comportamento do mercado, sobretudo pelo fato de seu crescimento estar vinculado a diversos acordos com o mercado chinês.

Finalmente, é necessário destacar que a Tabela 6 não leva em conta a expansão de capacidade chinesa, da qual não há dados. Assim, apesar de o AnBen Group constar da relação como a sexta empresa em capacidade de produção em 2012, os dados são insuficientes para saber como vai se comportar o grupo, ou a mineração chinesa, nos próximos anos.

### Comércio internacional e comportamento do mercado

O fluxo internacional de minério de ferro, que se desenvolveu muito com o crescimento chinês a partir do início década passada, mantém-se crescendo a taxas significativas mesmo depois da crise de 2008, conforme mostra a Tabela 7. Entre 2007 e 2012, o crescimento acumulado foi de 42%, chegando a quase 1,2 milhão de toneladas ao ano, o que se deve à manutenção da taxa de crescimento econômico chinês no período. Enquanto o cresci-



mento na importação mundial no período foi de 343 milhões de toneladas, o crescimento na importação chinesa foi de 362 milhões de toneladas. Portanto, o país não apenas aumentou suas importações do produto como ainda compensou parte da queda de importação ocorrida em outros importantes importadores, como o Japão e a Europa.

**Tabela 7 | Principais países exportadores líquidos de minério de ferro (em milhões de toneladas), entre 2007 e 2017<sup>e</sup>**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 <sup>e</sup>	2015 <sup>e</sup>	2016 <sup>e</sup>	2017 <sup>e</sup>
<b>Austrália</b>	208.159	242.414	288.355	319.829	356.968	390.605	464.866	524.404	553.359	561.545	581.579
<b>Brasil</b>	199.437	213.113	224.255	245.432	261.366	264.780	273.828	287.502	306.222	325.276	347.628
<b>CEI</b>	20.509	23.857	27.584	29.262	35.561	38.795	38.840	38.605	39.495	40.785	40.026
<b>Índia</b>	74.604	84.888	99.908	90.124	66.837	32.108	24.300	21.200	21.200	20.690	20.690
<b>África do Sul</b>	12.926	14.552	20.015	20.910	23.419	22.778	31.863	35.724	39.921	43.877	45.425
<b>África – outros</b>	7.371	9.195	9.332	10.145	11.794	17.948	23.558	27.738	29.068	32.890	38.091
<b>Canadá</b>	9.635	7.595	11.716	11.231	16.664	15.950	17.608	22.150	26.550	30.200	32.850
<b>Taiwan</b>	(10.993)	(11.240)	(9.018)	(9.692)	(13.116)	(12.109)	(12.753)	(13.544)	(14.166)	(14.691)	(15.053)
<b>Coreia do Sul</b>	(33.660)	(35.035)	(32.345)	(39.413)	(47.590)	(44.014)	(49.580)	(51.746)	(53.667)	(54.233)	(54.577)
<b>Europa-27</b>	(79.757)	(75.791)	(52.042)	(64.900)	(66.134)	(64.544)	(59.376)	(62.757)	(64.995)	(66.971)	(68.679)
<b>Japão</b>	(88.283)	(87.545)	(72.597)	(88.304)	(84.753)	(85.883)	(83.570)	(84.293)	(86.631)	(89.621)	(91.576)
<b>China</b>	(302.057)	(358.415)	(513.662)	(509.515)	(555.239)	(611.201)	(658.141)	(712.729)	(760.876)	(803.059)	(847.264)

Fonte: CRU (2013).

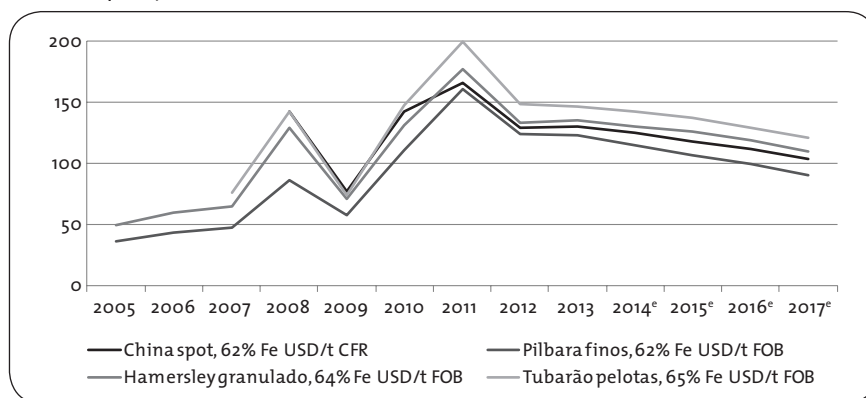
No tocante à exportação, o grande beneficiário do crescimento do comércio internacional foi a Austrália, que aumentou suas exportações totais no período em 80%, chegando a uma participação de 44% nas exportações mundiais. O Brasil não conseguiu acompanhar o ritmo de crescimento do mercado, aumentando suas exportações em apenas 21% e perdendo participação no mercado mundial, que de 32% em 2007 caiu para 28% em 2012. O crescimento projetado de 32% nos próximos cinco anos deve garantir que o país mantenha sua participação no mercado nessa faixa.

Novamente, merece destaque a participação da Índia e da África do Sul. O primeiro país teve uma queda significativa de participação no mercado internacional, de 10% em 2007 para 3% em 2012, derivada de seus já mencionados problemas produtivos. Já a África do Sul obteve um crescimento significativo de suas exportações (71%), inferior apenas ao da Austrália, e deve manter pelos próximos anos uma parcela em torno de 4% do mercado

internacional. Vale acrescentar que quase 70% do comércio internacional é de produtos finos, para síter e pelotas.

Em relação ao comportamento do mercado nos últimos anos, que se reflete principalmente nos preços, o Gráfico 3 mostra que, até a crise de 2008, a oferta não conseguia acompanhar o rápido crescimento da demanda mundial, o que fez os preços subirem acentuadamente. A queda do consumo em 2009, mostrada na Tabela 4, gerou uma queda acentuada nos preços, que, associada à incerteza e ao clima de pessimismo do início daquele ano, provocou o adiamento de diversos projetos de expansão da capacidade. No entanto, a continuidade do crescimento chinês fez com que o consumo voltasse a aumentar em mais de 10% em 2010 (na verdade a recuperação já se iniciara no segundo semestre de 2009) e em torno de 5% em 2011 e 2012.

Gráfico 3 | Preços nominais do minério de ferro (em USD/t FOB), entre 2005 e 2017<sup>e</sup>



Fonte: CRU (2013).

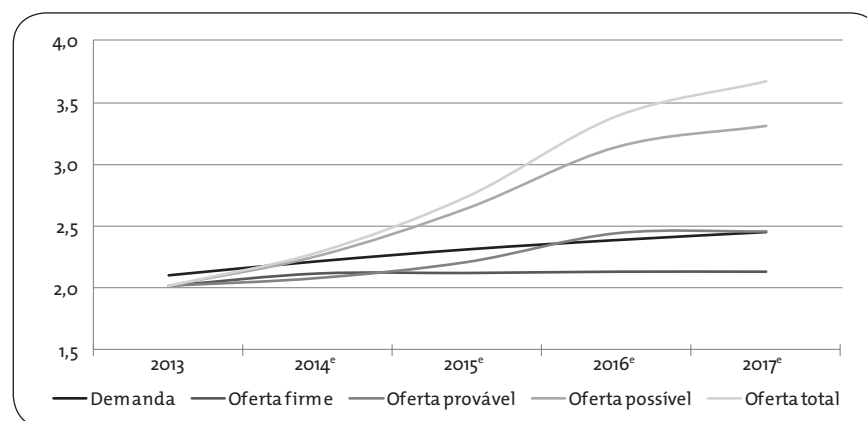
A produção de minério de ferro expandiu-se rapidamente em 2010 e 2011, reagindo aos altos preços do período, que chegaram a atingir 188,00 US\$/dm<sup>6</sup> em abril e setembro de 2011 (mercado *spot* de finos a 63,5% Fe CFR China). A partir de outubro de 2011, os preços começaram a ceder, chegando a níveis bastante baixos no terceiro trimestre de 2012, quando reagiram e voltaram para a faixa de 120,00 US\$/dm<sup>6</sup>. Embora, no primeiro semestre de

<sup>6</sup> A unidade de tonelada métrica seca (dm<sup>6</sup> – *dry metric tonne unit*) consiste em 1% de ferro contido em uma tonelada de minério, excluindo-se a umidade. O preço por tonelada de uma determinada quantidade de minério de ferro é calculado multiplicando-se os centavos de dólar/dm<sup>6</sup> pelo percentual de teor de ferro contido. Os contratos internacionais de minério de ferro são cotados em centavos de dólar por tonelada métrica seca (c/dm<sup>6</sup>).

2013, os preços tenham voltado a subir para a média de 140,00 US\$/dmu, este parece ser um comportamento sazonal do mercado e não se espera que esses níveis se mantenham por muito tempo, caindo gradualmente na média anual até a média de 100,00 US\$/dmu a 120,00 US\$/dmu em 2017.

O Gráfico 4 mostra o porquê da expectativa de queda dos preços nos próximos anos. O gráfico compara a demanda à oferta mundial, considerando uma taxa de utilização de 85% da capacidade produtiva. A capacidade é calculada em quatro categorias diferentes, levando em conta o incremento de capacidade produtiva previsto para cada ano, tendo em vista os projetos em andamento ou anunciados pelas empresas. A categoria **oferta firme** inclui os projetos considerados de alta probabilidade de entrar no mercado; a **oferta provável** acrescenta àqueles os projetos com boa probabilidade de entrar em operação; a **oferta possível** acrescenta projetos de baixa probabilidade de chegar à produção; e a **oferta total** adiciona ainda aqueles bastantes especulativos, que têm muito baixa probabilidade de entrar em produção na data prevista.

Gráfico 4 | Demanda e oferta mundial (em bilhões de toneladas ao ano), total e por categoria, entre 2013 e 2017<sup>e</sup>, a uma taxa de utilização de capacidade instalada de 85%



Fonte: CRU (2013).

Pode ser observado que os projetos que se enquadram na categoria **oferta firme** conseguirão atender a praticamente toda a demanda até 2017, considerando-se uma taxa de utilização da capacidade de 85%. Além disso, pode-se afirmar que ou grande parte dos projetos anuncia-

dos não deve entrar em produção, ou haverá um excedente significativo no mercado nos próximos anos, sendo difícil esperar a manutenção dos preços nos níveis atuais.

A análise de qual dessas duas possibilidades deve vir a ocorrer e quais os projetos que devem chegar à produção tem de ser feita considerando-se os custos de cada projeto.

## Competitividade e custos na indústria de minério de ferro

### Conceitos introdutórios

Os custos na indústria de minério de ferro podem ser classificados em quatro níveis distintos: **custos de mina**; **custos do negócio**; **custos corporativos**; e **custos econômicos**. A composição desses custos pode ser representada na forma do Quadro 2.

Quadro 2 | Composição de custos na indústria da mineração de ferro

Item	Natureza
Custos dos recursos	Variável
(+) Custos de conversão	Variável e semivariável
<b>(=) Custos de mina</b>	
(+) Custos de vendas	Variável
<b>(=) Custos do negócio</b>	
(+) Outros custos	Semivariável
<b>(=) Custos corporativos</b>	
(+) Custos de capital	Fixo
<b>(=) Custos econômicos</b>	

Fonte: CRU (2013).

Os custos de mina são bastante determinantes para a competitividade na indústria, pois contemplam custos efetivos para extração do minério, que em sua maior parte correspondem aos *royalties* com base no peso ou volume, e custos de conversão, que são todos os custos, desde a extração do minério e beneficiamento até o carregamento no navio.

Os dados de custos de mina no mundo são expostos a seguir, juntamente com os custos econômicos, que espelham o custo global da produção,

incluindo-se os custos de capital e de abandono da mina, e serão utilizados como parâmetro para competitividade da indústria de mineração de ferro.

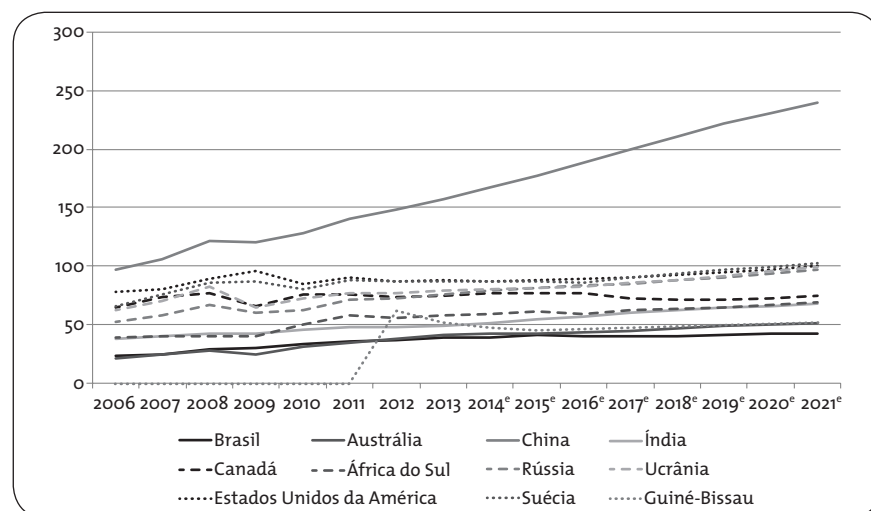
A seguir, apresenta-se um detalhamento sobre cada um desses componentes.

## Custos de produção no mundo

### *Custos de mina*

Os países produtores de menores custos de mina são o Brasil e a Austrália, como revela o Gráfico 5. Em 2012, o custo médio de produção de mina foi de 80,03 c/dmtu. O Brasil apresentou o menor custo médio: 41,10 c/dmtu, cerca de 20% abaixo do segundo menor custo, que foi da Austrália – 51,72 c/dmtu. A África do Sul também se mostra com relativa competitividade, com o terceiro menor custo entre os países selecionados – de 62,30 c/dmtu –, enquanto a China tem o maior custo médio – de 152,70 c/dmtu. As médias estimadas para 2013 para o Brasil e a Austrália são, respectivamente, de 43,40 c/dmtu e 55,80 c/dmtu.

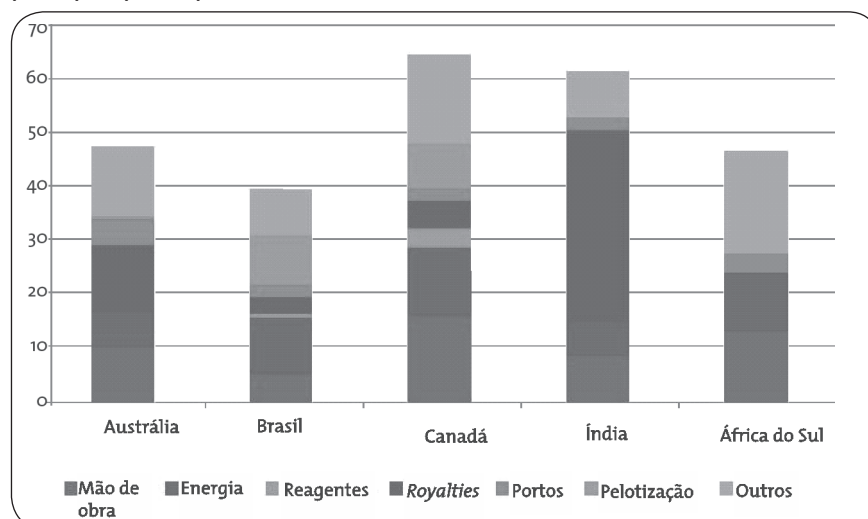
Gráfico 5 | Custos de mina em países produtores de minério de ferro selecionados (em c/dmtu), entre 2006 e 2021<sup>e</sup>



Fonte: CRU (2013).

O Gráfico 6 mostra os custos de mina, por componente, dos cinco principais países produtores de minério de ferro.

**Gráfico 6 | Valor dos componentes dos custos de produção (em US\$/t) dos cinco principais países produtores de minério de ferro, em 2012**

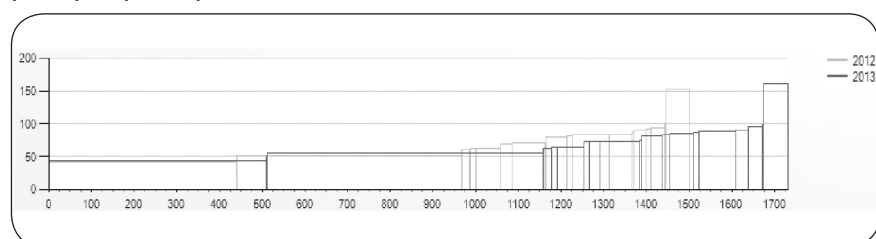


Fonte: Accenture Research/Intierra RMG (2013).

Pelas projeções, o Brasil e a Austrália devem permanecer na mesma posição relativa nos próximos anos, em uma diferença média em torno de 20%.

O Gráfico 7 expõe a curva de custos cumulativos dos cinco principais países produtores de minério de ferro, para 2012 e 2013. O traçado mais baixo das curvas de 2012 e 2013 é das médias de custos das minas brasileiras.

**Gráfico 7 | Custos de mina cumulativos, para todos os produtos, dos cinco principais países produtores de minério de ferro (em c/dmtu), em 2012 e 2013**



Fonte: CRU (2013).

Obs.: Gráfico construído em programa proprietário da CRU.

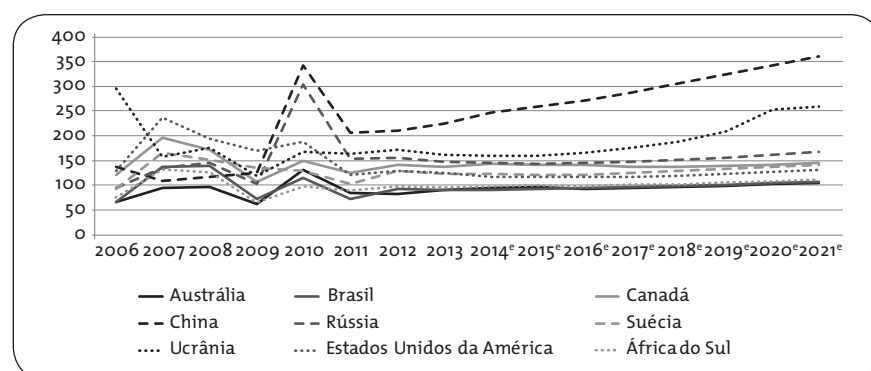
### *Custos econômicos*

Os custos econômicos podem ser utilizados para a estimativa do preço potencial de longo prazo de minério de ferro, o qual, em condições com-

petitivas, deve tender aos custos marginais da indústria de mineração. A evolução dos custos econômicos, considerando a expansão de demanda prevista, permite avaliar o comportamento dos custos de capital incorridos para adição de capacidade, em um contexto de maior dificuldade de encontrar minas de classe mundial. Dessa forma, espera-se que parcelas maiores de custos de capital deverão estar cada vez mais presentes nos ativos dessa indústria.

O Gráfico 8 mostra a tendência, de 2006 a 2021, dos custos econômicos dos principais países envolvidos no mercado do minério de ferro, para uma estimativa do preço, com base nos custos marginais.

**Gráfico 8 | Custos econômicos em países produtores de minério de ferro selecionados (em c/dmtu), entre 2006 e 2021<sup>e</sup>**

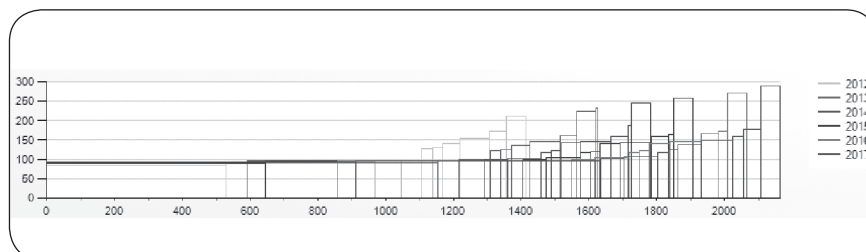


Fonte: CRU (2013).

Os países mais competitivos na perspectiva dos custos econômicos são a Austrália, o Brasil, a África do Sul e a Índia e deverão continuar nessa posição pelo menos até 2021 (prazo da análise). A Austrália apresentou um custo médio de 82,37 c/dmtu, em 2012, podendo chegar a 104,50 c/dmtu, em 2021, com uma média de 95,21 c/dmtu, entre 2012 e 2021; enquanto o Brasil obteve um resultado ligeiramente superior, com um custo médio de 93,37 c/dmtu, podendo chegar a 106,30 c/dmtu, em 2021, com a entrada de novas minas em operação, alcançando uma média de 96,84 c/dmtu, nesse período.

O traçado mais baixo das curvas cumulativas de custos dos anos de 2012 a 2017, no Gráfico 9, é das médias de custos de econômicos das minas australianas, seguidas das brasileiras.

**Gráfico 9 | Custos econômicos cumulativos em países produtores de minério de ferro selecionados (em c/dmtu), de 2012 a 2017<sup>e</sup>**



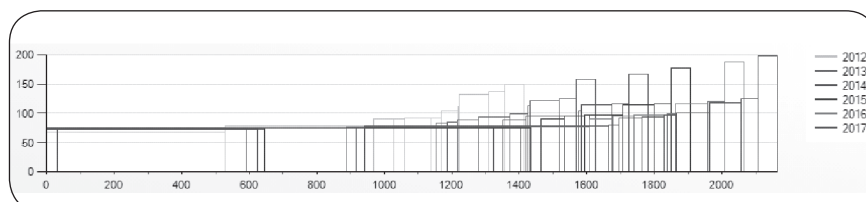
Fonte: CRU (2013).

Obs.: Gráfico construído em programa proprietário da CRU.

Com base na análise da curva delineada no Gráfico 9, tendo em vista que praticamente 70% da produção dos países selecionados corresponde à soma das produções australiana e brasileira, o custo econômico médio marginal desses países pode ser usado como uma *proxy* para o preço de médio prazo (ou preço médio de resistência). Nesse caso, pode-se estimá-lo em torno de 90,00 US\$/t, de 2013 a 2017. Cabe ressaltar que esse preço médio já leva em consideração a capacidade a ser adicionada até 2017, decorrente tanto da expansão de minas existentes como de novos entrantes, nesses dois países.

Outra referência para estimar o preço de médio prazo pode ser o custo do negócio. Nessa avaliação, mais pessimista, supondo pouca expansão da demanda e pressão para baixo, os preços seriam suficientes para cobrir apenas os custos do negócio, que correspondem à soma dos custos de mina e dos custos de vendas. Nesse caso, pode-se estimar o preço de médio prazo em torno de 75,00 US\$/t, de 2013 a 2017, tomando-se novamente as minas australianas e brasileiras, como é representado no Gráfico 10.

**Gráfico 10 | Custos de negócio cumulativos em países produtores de minério de ferro selecionados (em c/dmtu), de 2012 a 2017<sup>e</sup>**



Fonte: CRU (2013).

Obs.: Gráfico construído em programa proprietário da CRU.



## Uma comparação entre Brasil e Austrália

### Custos do negócio e custos econômicos

Os gráficos a seguir apresentam as séries de custos de negócio e de custos econômicos da média de preços de todos os produtos, do Brasil e da Austrália, em base seca.

Gráfico 11 | Custos de negócio e econômicos, para todos os produtos, de minas brasileiras e australianas (em c/dmtu), de 2006 a 2021<sup>e</sup>

Gráfico 11A | Custos de negócio

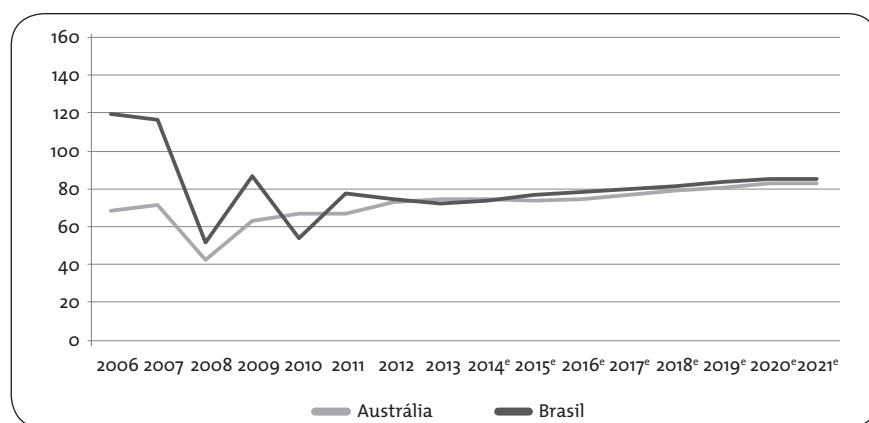
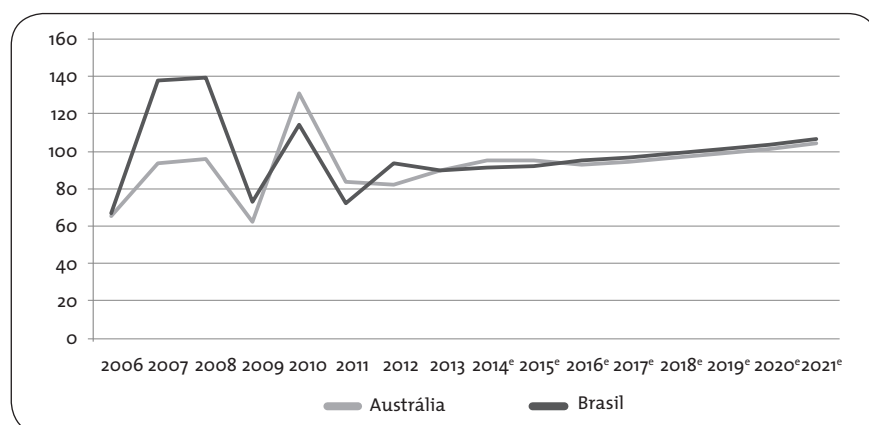


Gráfico 11B | Custos econômicos



Fonte: CRU (2013).

Conforme se pode observar, há uma correlação entre os custos de produção de minério de ferro dos dois países. Pelas projeções, tanto os custos do negócio como os custos econômicos devem andar juntos nos próximos anos.

Do Gráfico 12 ao Gráfico 14, apresentam-se os custos de negócio e custos econômicos para minério granulado, *sinter feed* e *pellet feed*, respectivamente, de minas brasileiras e australianas.

Gráfico 12 | Custos de negócio e econômicos, referentes a minério granulado, de minas brasileiras e australianas (em c/dmtu), de 2006 a 2021<sup>e</sup>

Gráfico 12A | Custos de negócio

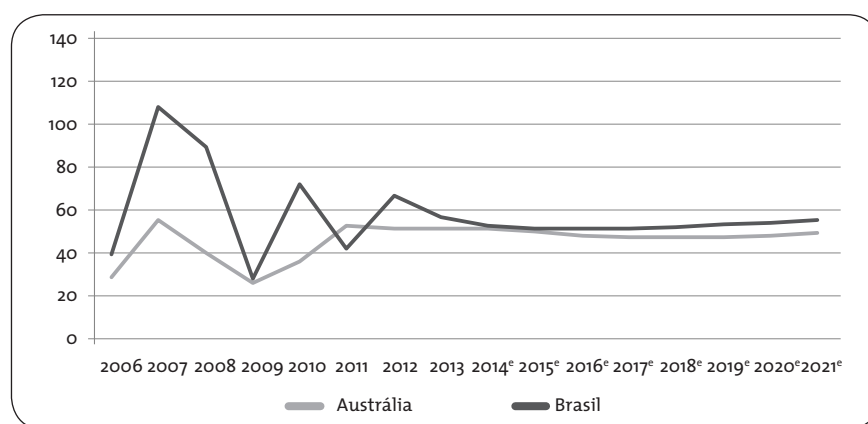
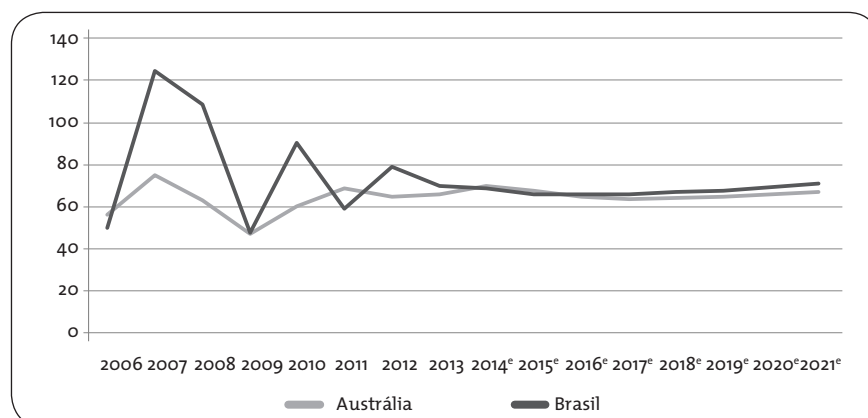


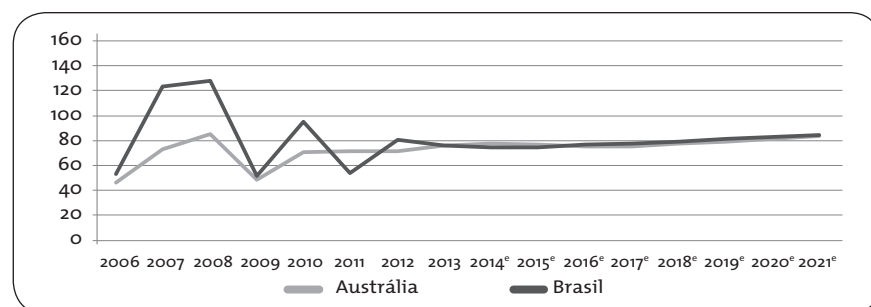
Gráfico 12B | Custos econômicos



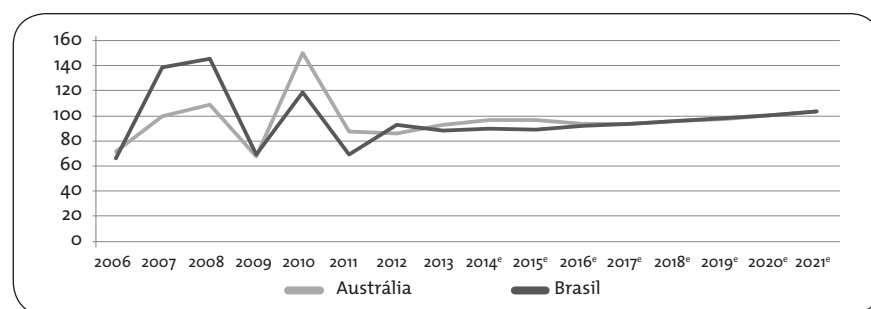
Fonte: CRU (2013).

**Gráfico 13 | Custos de negócio e econômicos, referentes a finos para síter, de minas brasileiras e australianas (em c/dmtu), de 2006 a 2021<sup>e</sup>**

**Gráfico 13A | Custos de negócio**



**Gráfico 13B | Custos econômicos**



Fonte: CRU (2013).

**Gráfico 14 | Custos de negócio e econômicos, referentes a finos para pelotas, de minas brasileiras e australianas (em c/dmtu), de 2006 a 2021<sup>e</sup>**

**Gráfico 14A | Custos de negócio**

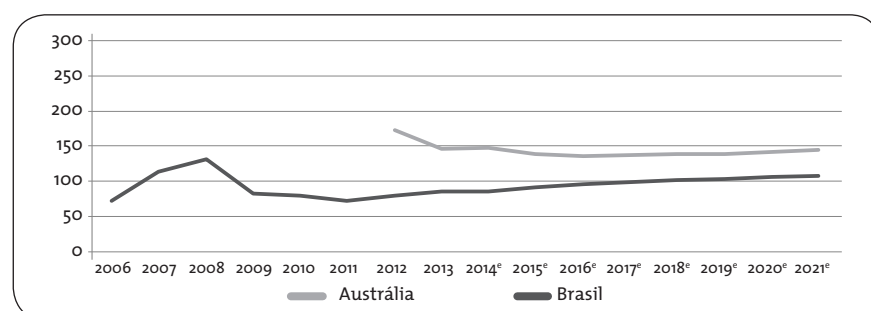
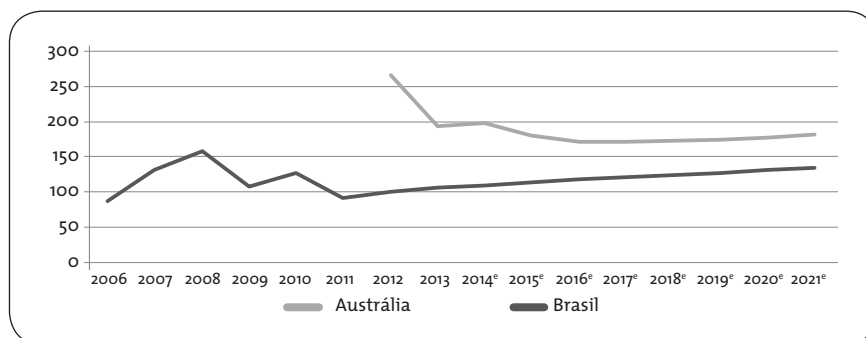
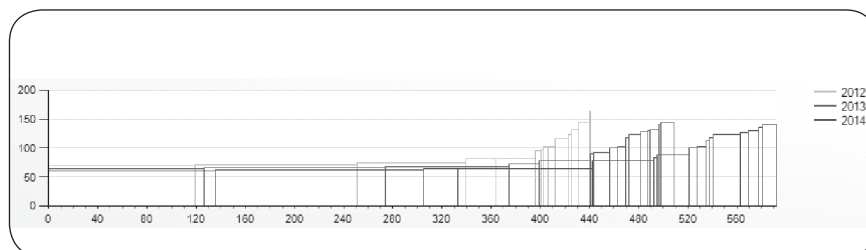


Gráfico 14B | Custos econômicos



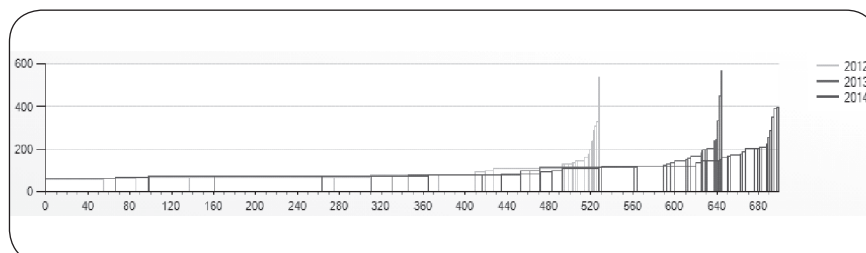
Fonte: CRU (2013).

Conforme se observa, no caso de finos para pelotas, o Brasil se revela muito mais competitivo, chegando a diferença entre os custos brasileiros e australianos a cerca de 40%.

Gráfico 15 | Custos econômicos cumulativos, para todos os produtos, das principais minas brasileiras (em c/dmtu), entre os anos de 2012 e 2014<sup>e</sup> – Brasil

Fonte: CRU (2013).

Obs.: Gráfico construído em programa proprietário da CRU.

Gráfico 16 | Custos econômicos cumulativos, para todos os produtos, das principais minas australianas (em c/dmtu), entre os anos de 2012 e 2014<sup>e</sup> – Austrália

Fonte: CRU (2013).

Obs.: Gráfico construído em programa proprietário da CRU.

## **Tendências e desafios da indústria da mineração – minério de ferro**

Apesar da volatilidade no curto prazo, ainda é esperada uma demanda significativa no longo prazo por minério de ferro graças ao crescimento econômico e à expansão da urbanização – especialmente na Índia e na China.

Para a indústria de mineração desenvolver e implantar estratégias efetivas para atender à demanda no longo prazo, requer-se um entendimento dos principais desafios enfrentados pelas mineradoras. Isso inclui: mitigar riscos de volatilidade nos mercados de *commodities*; competir por recursos; controlar custos; lidar com escassez de talentos; e abordar questões ambientais.

### **Mitigar a volatilidade nos mercados de *commodities***

A volatilidade dos preços das principais *commodities* de mineração entre 2001 e 2010 aumentou significativamente em comparação com a década anterior. A do minério de ferro, por exemplo, aumentou 7,1 vezes [Accenture (2013a)].

Entre as razões para explicar essa volatilidade, encontra-se a mudança de precificação de negócios *business-to-business* para preços de produtos embarcados, baseados em referências de preços publicados.

As flutuações nos preços estão cada vez mais ligadas a eventos globais. A expansão geográfica dos mercados e a entrada de *players* de mercados emergentes explica o aumento da volatilidade registrada nos preços do minério de ferro nos últimos três anos.

Menores níveis de estoque e entregas *just-in-time* involuntariamente reduziram as “gorduras” nos preços. Em relação ao minério de ferro, o preço de referência anual foi substituído por um sistema trimestral associado ao preço no mercado *spot*. Com um sistema assim, produtores esperam colher os benefícios de preços à vista (*spot*) mais altos em vez de preços restrin- gidos por contratos anuais.

É importante observar que a volatilidade tende a reduzir-se com a maior transparência nos preços.

### **Controle de custos e gestão ao longo do ciclo**

O sucesso no longo prazo no setor de mineração exige das mineradoras uma gestão efetiva dos custos de produção nos diferentes ciclos de demanda.

Esforços para controlar custos, especialmente durante os momentos de baixa demanda, deverão se tornar cada vez mais intensos. Estima-se que os custos de mineração, que aumentaram 32% entre 2003 e 2010, poderão se elevar até 40% ou mais nos próximos dez anos [Accenture (2013b); MacNamara (2011)].

Uma parte significativa dos custos de produção mineral está ligada à energia. Estima-se que no Brasil o custo da energia represente 25% do custo total dos produtores de minério de ferro. Para efeitos de comparação, esse montante também é significativo em outras regiões, tais como Canadá (19%), África do Sul (23%) e Austrália (14%) [Accenture (2013b)]. Os preços da energia elétrica estão subindo na maioria dos países – de 20% a 25% em média. Além disso, o fornecimento de energia em muitos locais não é confiável em razão de uma infraestrutura obsoleta e falta de planejamento. Na África do Sul, por exemplo, as mineradoras lidam com um corte obrigatório de 10% no consumo de eletricidade por causa da falta de um plano nacional de energia [Flak (2012)].

Os custos operacionais também tenderão a aumentar, influenciados pela queda na qualidade das reservas minerais e pela dificuldade, cada vez maior, de encontrar minas de classe mundial. Em razão de um menor número de descobertas de depósitos econômicos superficiais, as empresas precisam cavar cada vez mais fundo.

Além disso, os governos vêm aumentando os impostos – de exportação, de valor agregado, sobre lucros e *royalties* de mineração – pondo ainda mais pressão sobre a rentabilidade das mineradoras. Ademais, embora a indústria de mineração produza apenas 3% das emissões globais de carbono, esse setor vem atraindo grande atenção dos órgãos reguladores. O impacto de impostos sobre carbono nos custos de produção em algumas minas é significativo.

### Competindo por recursos

A questão que todas as mineradoras enfrentam é competir pelas cada vez mais escassas reservas minerais e por outros insumos de mineração, tais como mão de obra e equipamentos, bem como acessá-los. Apesar da volatilidade de curto prazo, a demanda por *commodities* de mineração, tais como minério de ferro, carvão e cobre, deve aumentar, desde que as economias em rápido crescimento continuem a acompanhar as trajetórias de desenvolvimento econômico.

A China é um exemplo disso. Ao fim de 2011, pouco mais da metade de sua população residia em áreas urbanas. Espera-se que essa parcela continue a subir, elevando os gastos em infraestrutura, transporte, energia e bens duráveis, aumentando, assim, a demanda por *commodities* minerais.

A China aumentou suas importações de minério de ferro em 22,2% a.a. ao longo da última década [Accenture (2011)]. O consumo chinês em 2013 chegou à casa de um bilhão de toneladas.

Por outro lado, as descobertas de novos depósitos de classe mundial têm diminuído bastante desde a década de 1980. Considerando-se que o desenvolvimento de uma nova operação de mineração pode levar até dez anos, a indústria será lenta para desenvolver alternativas.

### Lidando com a escassez de talentos

A reposição da força de trabalho com mão de obra qualificada continuará a representar um enorme desafio. As altas taxas de rotatividade corroem a consistência e a qualidade, comprometendo a execução de programas em longo prazo para melhorar o desempenho das atividades mineradoras.

A falta de mão de obra está afetando a capacidade das mineradoras de executar seus projetos de capital.

O envelhecimento da força de trabalho limita a capacidade da indústria de satisfazer a demanda global. Não é incomum encontrar aposentados – na faixa dos sessenta, setenta, e até mesmo oitenta anos – chamados de volta para trabalhar. A Austrália ilustra esse desafio: a mediana de idades na indústria de mineração na Austrália Ocidental é de 38 anos, com mais da metade dos trabalhadores na faixa etária entre 24 a 54 [Government of Western Australia (2011)].

O Conselho Canadense de Recursos Humanos da Indústria de Mineração (Canadian Mining Industry Human Resource Council) calcula que mais de um terço do setor (entre 61 mil e 71 mil trabalhadores) estará apto a se aposentar nos próximos dez anos. O conselho estima que o setor vá necessitar de mais de 140 mil novos contratados até 2021 caso o crescimento continue a acelerar [Mining Industry Human Resources Council (2011)].

As percepções globais do setor são baixas por várias razões, incluindo escolhas de estilo de vida dos trabalhadores qualificados e a reação a relatórios de segurança e ambientais. As dificuldades para balancear as exi-

gências da carreira com as relações pessoais e equilibrar o trabalho com os compromissos parentais surgem como os aspectos mais negativos para trabalhar nesse setor [Zhang e Barclay (2007)].

### Abordando questões ambientais

O cumprimento da exigência de obtenção de licenças de operação para projetos minerais está sob rigorosa vigilância, na medida em que países passam a dar cada vez mais importância ao meio ambiente, à saúde e à segurança. Organizações não governamentais, bem como *stakeholders* socialmente conscientes, estão defendendo direitos sociais mais efetivos para as comunidades locais. Como consequência, projetos de mineração tornam-se mais complexos. A obtenção de licenças demanda cada vez mais tempo, resultando em atrasos de projetos, aumento de custos e elevação do nível de frustrações entre comunidades locais e investidores.

“Com as projeções de demandas atuais e futuras por limitados recursos globais, a sustentabilidade evoluiu, deixando de ser uma questão de responsabilidade social corporativa, tornando-se um imperativo de negócios”, explica Björn Stigson, conselheiro sênior e ex-presidente do World Business Council for Sustainable Development [Accenture (2012)].

As preocupações com a disponibilidade de água estão crescendo. Caso as atuais tendências se mantenham, quase a metade da população do planeta residirá em áreas de acentuada escassez de água até 2030 [United Nations Environment Programme (2009)]. Praticamente todas as minas aparentam ter problemas relacionados à água.

Aspectos da reabilitação e fechamento de minas, juntamente com os custos de contribuição para o desenvolvimento econômico dos locais em que operam as minas, são questões importantes em longo prazo.

### A visão dos líderes das principais mineradoras no Brasil<sup>7</sup>

Este estudo contemplou uma rodada de entrevistas com os líderes das principais mineradoras do Brasil. O objetivo dessas entrevistas foi o de cap-

<sup>7</sup> Agradecimentos especiais aos executivos das empresas Anglo American Minério de Ferro Brasil S.A., Mineração Usiminas S.A., MMX Mineração e Metálicos S.A. e Vale S.A., que gentilmente disponibilizaram suas agendas para conceder as entrevistas para a elaboração deste estudo. As entrevistas foram realizadas no período de agosto a setembro de 2013, refletindo as opiniões dos executivos na ocasião. Qualquer mudança no contexto econômico-político ocorrida no intervalo até a publicação deste artigo não está aqui refletida.



tar as percepções e opiniões dos executivos em relação aos desafios descritos, bem como discutir aspectos específicos ao mercado local, tal como o Novo Marco Regulatório da Mineração, em trâmite no Congresso Nacional.

### **Cenário macroeconômico e demanda por minério de ferro**

Há um consenso entre os executivos de que a demanda por minério de ferro continuará aquecida nos próximos cinco a dez anos. Mesmo com a desaceleração econômica chinesa, entende-se que ainda haverá uma atividade econômica intensa sustentando a demanda nos patamares atuais. Alguns exemplos citados por trás da manutenção da demanda são:

- Taxa de urbanização – recentemente a China superou a taxa nominal de 50% de urbanização. No entanto, o valor “real” é inferior, uma vez que parte desse resultado contempla os trabalhadores temporários que residem nas áreas urbanas para a realização das obras de infraestrutura. Suas respectivas famílias ainda permanecem nas áreas rurais. Se considerada uma taxa de urbanização plena na casa de 70%-80% da população, isso significará um movimento migratório de algumas décadas até o alcance desse patamar, o que representará um consumo sustentável de bens de consumo (leia-se, produtos com conteúdo de aço) e, por consequência, a demanda por minério de ferro.
- Investimentos em infraestrutura – é fato que os investimentos em infraestrutura não apresentarão a magnitude observada até então; no entanto, ainda há atividade suficiente para a manutenção da demanda aquecida. Um exemplo disso são as atuais taxas de ocupação das ferrovias chinesas, que se encontram em níveis de utilização superiores aos de alguns países da Europa e Japão, o que leva a crer que o governo chinês terá de investir ainda mais em sua malha ferroviária para garantir o escoamento de produção, bem como o transporte da população.

Questionados sobre a opinião/estimativa concernente ao preço do minério de ferro no médio prazo, há uma variação nas opiniões, mas o senso comum é que o mercado se autorregula, ou seja, caso ocorra uma queda no preço do minério de ferro para o patamar de US\$ 80-US\$ 90 por tonelada (Fe 62% CFR China), pequenos produtores chineses não conseguiriam manter a rentabilidade e cessariam a produção. Por consequência, a China

deitaria do minério de ferro importado, aumentando a demanda e, por consequência, elevando novamente o patamar do preço do minério de ferro. A média das opiniões aponta hoje, sob as variáveis atualmente conhecidas, um patamar próximo a US\$ 100 por tonelada (Fe 62% CFR China) nos próximos dois anos.

### Desafios da indústria no Brasil

Além dos desafios já descritos ao longo deste estudo, os executivos entrevistados destacaram alguns fatores que merecem destaque, sobretudo se aplicados à realidade da indústria local.

Os ativos para exploração mineral estão cada vez mais localizados em áreas remotas, o que gera um novo panorama para a indústria de mineração. Como consequência, os projetos estão ficando cada vez mais caros, já que devem contemplar os investimentos de infraestrutura para escoamento da produção, bem como as necessidades básicas no entorno da operação, visando ao bem estar da comunidade e oferecendo condições básicas para os trabalhadores ali presentes.

Os entrevistados acreditam também que o processo de licenciamento ambiental brasileiro é complexo. Existe uma gama de condicionantes que não são padronizados na indústria e que variam tanto em relação à localização da operação como à natureza do projeto. Essa complexidade acaba, muitas vezes, acarretando em atrasos na execução do projeto.

Há um entendimento comum entre os executivos entrevistados de que a indústria de mineração vem sofrendo nos últimos tempos uma série de exigências ambientais, sociais e econômicas, aumentando a complexidade de seus negócios. Esses requerimentos são motivados pelas práticas adotadas no passado, muitas vezes com caráter exploratório. Não há dúvida de que a indústria hoje “arca” com exigências menos flexíveis que aquelas praticadas em outras indústrias/segmentos.

Vale ainda ressaltar os fatores representados pelo custo de mão de obra e pela produtividade brasileira. O custo de mão de obra brasileiro, que no passado era uma vantagem competitiva, aumentou de forma relevante na última década. Além disso, a produtividade da mineração no Brasil caiu significativamente. Para efeitos de comparação, a produtividade média de um empregado atuando na operação no Brasil é, aproximadamente, a metade de uma posição equivalente na Austrália. No entanto, quando convertido o

custo de pessoal no Brasil (salário mais encargos) e comparado ao australiano, o custo total fica muito próximo.

Os desafios logísticos também foram ressaltados, sobretudo para as minas localizadas na Região Centro-Oeste. A restrição logística (leia-se disponibilidade de malha ferroviária e, sobretudo, portos com capacidade suficiente para escoamento da produção) torna-se o maior entrave para a concretização de projetos de mineração.

A combinação dos fatores descritos vem contribuindo para uma diminuição de competitividade da indústria local de minério de ferro quando comparada à de outras regiões, como a Austrália. Em 2007, a produção de minério de ferro no Brasil era de, aproximadamente, 355 milhões de toneladas, enquanto na Austrália era de 320 milhões de toneladas. Entretanto, em 2012, a Austrália produziu 480 milhões de toneladas (um crescimento de 50% em comparação a 2007), e o Brasil produziu 390 milhões de toneladas (ou seja, um crescimento de 10%) [Ibram (2012); United States Geological Survey (2008)].

### **O novo marco regulatório da mineração brasileira**

Questionados sobre o tema do Novo Marco Regulatório da Mineração brasileira e suas propostas/impactos, o senso comum dos executivos entrevistados é que essa regulamentação é necessária e bem-vinda. Trata-se de uma iniciativa já introduzida em outros países onde a indústria de mineração desempenha um papel fundamental na economia (por exemplo, a Austrália). E o Brasil necessita de uma revisão do código até então em vigência, adequando-se às tendências atuais do setor.

Por ainda conter uma série de pontos abertos e/ou em discussão, há certa preocupação sobre a operacionalização de alguns dos temas propostos. Contudo, há uma expectativa por parte dos executivos entrevistados de que o Novo Marco Regulatório tenha regras claras quanto às práticas de exploração mineral – abordando, até mesmo, aspectos técnicos relativos à atividade, como o desenvolvimento da mão de obra do setor – e regras claras relativas ao meio ambiente; e, sobretudo, que continue atraindo o interesse de outras empresas (nacionais ou estrangeiras) para a atividade no Brasil.

Os executivos ainda destacaram a preocupação com o tempo que levará a aprovação desse novo modelo, já que a demora acaba gerando uma insegurança por parte dos investidores.

## Conclusões

Além de contar com uma das maiores reservas minerais de ferro do mundo, o Brasil produz diferentes tipos de minérios que apresentam teores elevados de ferro e quantidades pequenas de elementos indesejados nos processos siderúrgicos (como o enxofre, o alumínio, o fósforo e os carbonatos), o que insere o país entre os maiores e mais competitivos produtores desse bem mineral.

Nos últimos anos, o mercado de minério de ferro recebeu uma forte influência do acelerado crescimento mundial puxado pela China, passando a ser um produto altamente demandado e despertando o interesse de diversos novos entrantes, muitos deles em minas de maiores custos operacionais e de capital.

A demanda por minério de ferro deverá continuar aquecida nos próximos anos. Mesmo com a desaceleração econômica chinesa, entende-se que ainda haverá uma atividade econômica intensa, nesse país, carreada pela taxa de urbanização, que poderá chegar à casa de 70% a 80% da população, sustentando o crescimento da demanda por aço e, consequentemente, por minério de ferro.

Conforme apontado no estudo, apesar de a competitividade do Brasil ter diminuído, ele continua sendo o país com o menor custo médio de mineração, seguido pela Austrália e pela África do Sul, o que deverá permitir, nos próximos anos, um aumento na participação do mercado transoceânico, com o aumento de capacidade previsto.

## Referências

ACCENTURE: banco de dados do Global Trade Statistics. 2011. Disponível em: <[www.globaltradestatistics.com](http://www.globaltradestatistics.com)>. Acesso em: nov. 2013.

\_\_\_\_\_. The chief executive officer's perspective. *The sustainable organization: lessons from leaders series*. 16p. Jan. 30, 2012. Disponível em: <[www.accenture.com/us-en/Pages/insight-sustainable-organization-ceo-perspective.aspx](http://www.accenture.com/us-en/Pages/insight-sustainable-organization-ceo-perspective.aspx)>. Acesso em: nov. 2013.

\_\_\_\_\_: banco de dados do Banco Mundial. 2013a. Disponível em: <[data.worldbank.org/](http://data.worldbank.org/)>. Acesso em: nov. 2013.

\_\_\_\_\_: banco de dados de Intierrarmg®. 2013b. Disponível em: <[www.intierrarmg.com/Homepage.aspx](http://www.intierrarmg.com/Homepage.aspx)>. Acesso em: nov. 2013.

FLAK, A. S. Africa platinum miners not worried about power cuts. *Reuters*, Jan. 13, 2012. Disponível em: <[www.reuters.com/article/2012/01/13/safrica-platinum-power-idAFL6E8CD1WU20120113](http://www.reuters.com/article/2012/01/13/safrica-platinum-power-idAFL6E8CD1WU20120113)>. Acesso em: nov. 2013.

GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRALIA. Department of Commerce. *Mining in WA: 2011 labour market overview*. 2011. 5p. Disponível em: <[www.commerce.wa.gov.au/labourrelations/PDF/Publications/IndustryMining.pdf](http://www.commerce.wa.gov.au/labourrelations/PDF/Publications/IndustryMining.pdf)>. Acesso em: nov. 2013.

HARNMEIJER, J. P. *Banded iron-formation: a continuing enigma of geology*. University of Washington, Mar. 2003. Disponível em: <[earthweb.ess.washington.edu/~jelte/essays/BIFs.doc](http://earthweb.ess.washington.edu/~jelte/essays/BIFs.doc)>. Acesso em: fev. 2013.

IBRAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. *Informações e análises da economia mineral brasileira*. 7. ed. Dez. 2012. 68p. Disponível em: <[www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf](http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf)>. Acesso em: nov. 2013.

IRON ORE. In: WIKIPEDIA. Incluído em: 9 nov. 2002. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Iron\\_ore](http://en.wikipedia.org/wiki/Iron_ore)>. Acesso em: 27 ago. 2012.

IRON-RICH SEDIMENTARY ROCKS. In: WIKIPEDIA. Incluído em: 15 dez. 2010. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Iron-rich\\_sedimentary\\_rocks](http://en.wikipedia.org/wiki/Iron-rich_sedimentary_rocks)>. Acesso em: 19 fev. 2013.

KING, J. F. *Steel Plant Information*. Disponível em: <[www.steelonthenet.com/plant.html](http://www.steelonthenet.com/plant.html)>. Acesso em: 30 ago. 2012.

KLEIN, C. Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origin. *American Mineralogist*, 90:1.473-1.499, 2005.

KLEIN, C.; LADEIRA, E. A. Geochemistry and petrology of some proterozoic banded iron-formations of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology*, 95:405-428, 2000.

LOBATO, L. M. *et al.* Hydrothermal origin for the iron mineralisation, Carajás Province, Pará State, Brazil. In: IRON ORE 2005. *Proceedings...* The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Publication Series, 8:99-110, 2005.

MACNAMARA, W. Alarming costs damp good times for miners. *Financial Times*, Jul. 24, 2011. Disponível em: <[www.ft.com/cms/s/0/21df78b8-b46e-11e0-9eb8-00144feabdc0.html](http://www.ft.com/cms/s/0/21df78b8-b46e-11e0-9eb8-00144feabdc0.html)>. Acesso em: nov. 2013.

MINING INDUSTRY HUMAN RESOURCES COUNCIL. *Canadian mining industry employment and hiring forecasts*. Aug. 2011. 34p. Disponível em: <[www.mihr.ca/en/publications/resources/Employment\\_HiringForecasts2011\\_FINALAug4\\_ENG.pdf](http://www.mihr.ca/en/publications/resources/Employment_HiringForecasts2011_FINALAug4_ENG.pdf)>. Acesso em: nov. 2013.

POSTH, N. R.; KONHAUSER, K. O.; KAPPLER, A. Banded iron formations. In: REITNER, J.; THIEL, V. *Encyclopaedia of Geobiology*. Berlin: Springer, 2011. 927 p.

TAKEHARA L. *Caracterização geometalúrgica dos principais minérios de ferro brasileiros – fração sinter feed*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 2004. 372p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *New UN report warns of increasing pressure on water*. Mar. 16, 2009. Disponível em: <[www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=573&ArticleID=6101&l=en](http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=573&ArticleID=6101&l=en)>. Acesso em: nov. 2013.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. *Mineral commodity summaries*. United States Government Printing Office, Washington, 2008. 199p. Disponível em: <[minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2008/mcs2008.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2008/mcs2008.pdf)>. Acesso em: nov. 2013.

\_\_\_\_\_. *Mineral commodity summaries*. Reston, Virginia, 2013. 198p.

ZHANG, T.; BARCLAY, M. A. *What students want: career drivers, expectations and perceptions of mining engineering and minerals processing students*. University of Queensland/Centre for Social Responsibility in Mining, Mar. 2007. 30p. Disponível em: <[pandora.nla.gov.au/pan/85847/20080620-1623/www.csr.uq.edu.au/docs/student%20expectations%20300407.pdf](http://pandora.nla.gov.au/pan/85847/20080620-1623/www.csr.uq.edu.au/docs/student%20expectations%20300407.pdf)>. Acesso em: nov. 2013.

### Site consultado

MUSEU DE MINERAIS E ROCHAS HEINZ EBERT – <[www.rc.unesp.br/museudpm/banco/grm.html](http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/grm.html)>.